第 16 講　大気・海洋の変動
PART1 対流圏と成層圏の変動

目標　エルニーニョ・南方振動，準 2 年周期変動，成層圏突然昇温とはどのような現象か，それぞれ説明できる。

Chapter1　赤道域の変動

　赤道域の大気・海洋には，周期的な変動が知られています。ここでは，赤道域にみられるいくつかの変動について学びましょう。

海洋と対流圏の現象

・**エルニーニョ現象** 地学基礎

　赤道太平洋東部の海水温が平均的な状態よりも（高く ／ 低く）なり，その状態が 1 年程度続く現象を**エルニーニョ現象**という。また，赤道太平洋東部の海水温が平均的な状態よりも（高く ／ 低く）なり，その状態が 1 年程度続く現象を**ラニーニャ現象**という。これらの現象は，ともに数年に 1 回程度発生する。

・**南方振動**

　南太平洋低緯度域における海面気圧の平均的な状態からのずれに着目すると，西側で高いとき東側で（高く ／ 低く），西側で低いとき東側で（高い ／ 低い）傾向がある。このような大気の変動を**南方振動**という。

　平均的な状態としては，この海域の海面気圧は西側より東側の方が（高い ／ 低い）。そのため，東西の海面気圧の平均的な状態からのずれは，東西方向の気圧傾度や貿易風と次のように対応する。

西側の海面気圧	高め	低め
東側の海面気圧	（高め ／ 低め）	（高め ／ 低め）
東西方向の気圧傾度	（大 ／ 小）	（大 ／ 小）
貿易風の風速	（大 ／ 小）	（大 ／ 小）

・**エルニーニョ・南方振動**

エルニーニョ現象は貿易風の（強い ／ 弱い）時期に対応し，これは東西の気圧差が（大きい ／ 小さい）時期にあたる。このように，海洋におけるエルニーニョ現象やラニーニャ現象と大気における南方振動は一連の現象と考えることができる。これを**エルニーニョ・南方振動**といい，この現象は赤道太平洋だけでなく日本列島を含む世界各地の気象と相関があることが知られている。

知っておこう

エルニーニョ・南方振動は英語でEl Niño-Southern Oscillationといいます。これはENSOと略され，日本語でもENSO（エンソ）と呼ばれることがあります。

成層圏の現象

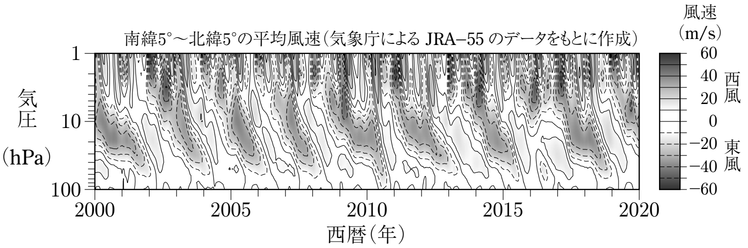
・**準 2 年周期変動**

赤道域の成層圏には，西風と東風が交互に現れる。この変動は，周期が 22 ～ 34 か月であり**準 2 年周期変動**と呼ばれている。

準 2 年周期変動は，赤道域の対流圏～中間圏の気象や，中高緯度の気象にも影響を与えている。

知っておこう

エルニーニョ・南方振動や準 2 年周期変動にみられるように，離れた地域の気象が相関をもつことをテレコネクションといいます。



覚えておこう

地表から見て上空に約 16km 上がるごとに，気圧は 10 分の 1 になります。つまり，左の図は高度およそ 16 ～ 48km にあたり，成層圏にほぼ対応するといえます。

まとめ

- 赤道太平洋東部の水温が平均的な状態より高くなり，その状態が 1 年程度続く現象を＿＿＿＿＿＿＿＿という。
- 南太平洋低緯度域における海面気圧の平均的な状態からのずれは東西で正負が逆になる傾向があり，このような振動を＿＿＿＿＿＿という。
- これらの現象をあわせて＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿といい，世界各地の気象と相関があることが知られている。
- 赤道域の成層圏において 22 ～ 34 か月程度の周期で西風と東風が交互に現れることを＿＿＿＿＿＿＿＿という。

Chapter2　中高緯度の変動

中高緯度における大気の変動は，日本列島の天候に大きく影響します。ここでは，中高緯度の大気の特徴や，その変動の例について学びましょう。

成層圏の現象

・極渦

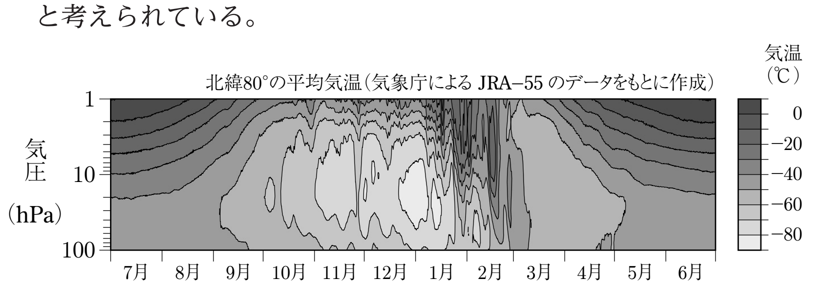
冬の極域には太陽放射が入射しないため，極域の成層圏の大気は放射冷却によって著しく低温となる。これにより冬の極域は（高気圧 / 低気圧）となり，強い（西風 / 東風）が極のまわりを周回する。この渦を**極渦**といい，極側の空気と中緯度の空気のやり取りを妨げるはたらきをもつ。

・成層圏突然昇温

冬の極域において，成層圏高緯度の気温が急上昇する現象を**成層圏突然昇温**という。

対流圏の波動が成層圏に伝わった結果として成層圏上部で西風が弱められると，西風にはたらく（極向き / 赤道向き）の転向力が気圧傾度力とつり合わなくなり，（極向き / 赤道向き）の流れが生じる。この流れが極の上空で（上昇気流 / 下降気流）となり，断熱（膨張 / 圧縮）により昇温する。

成層圏突然昇温は，地形が複雑で対流圏で大きな波動が形成されやすい（北半球 / 南半球）で頻繁に起こる。また，この現象は中高緯度の対流圏の気象や，エルニーニョ・南方振動や準２年周期変動といった赤道域の現象とも関連していると考えられている。



対流圏の現象

・北極振動

北半球中高緯度域における上空の等圧面高度の平均的な状態からのずれに着目すると，中緯度側で高いとき高緯度側で（高く / 低く），中緯度側で低いとき高緯度側で（高い / 低い）傾向がある。このような大気の変動を**北極振動**という。北極振動は基本的に対流圏にみられる現象だが，冬には成層圏にもみられる。

平均的な状態としては，この領域の上空の等圧面高度は中緯度側より高緯度側の方が（高い / 低い）。そのため，等圧面高度の平均的な状態からのずれは，南北方向の気圧傾度や偏西風の吹き方と次のように対応する。

中緯度側の等圧面高度	高め	低め
高緯度側の等圧面高度	（高め / 低め）	（高め / 低め）
南北方向の気圧傾度	（大 / 小）	（大 / 小）
偏西風の風速	（大 / 小）	（大 / 小）
偏西風の蛇行の振幅	（大 / 小）	（大 / 小）

知っておこう

偏西風の蛇行の振幅が大きいほど，極域の寒気が中緯度側に運ばれやすくなります。そのため，北極振動は中緯度の冬の気象に関係しています。

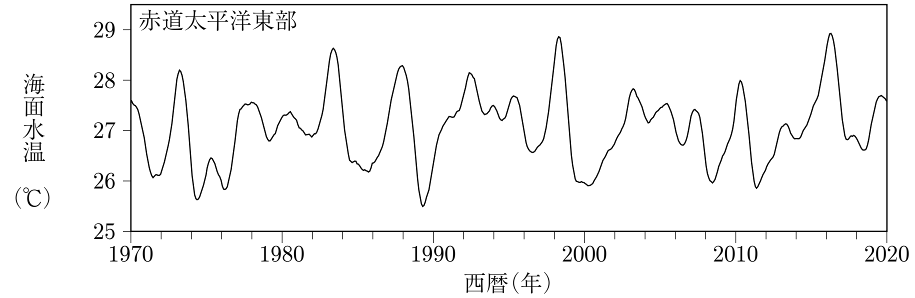
まとめ

- 成層圏の冬の極域は＿＿気圧となっており，そのまわりには＿＿＿＿と呼ばれる強い＿＿風が吹く。
- 冬の極域において，成層圏高緯度の気温が急上昇する現象を＿＿＿＿＿＿＿＿という。
- 北半球中高緯度域における対流圏の等圧面高度の平均的な状態からのずれは南北で正負が逆になる傾向があり，このような振動を＿＿＿＿＿＿という。

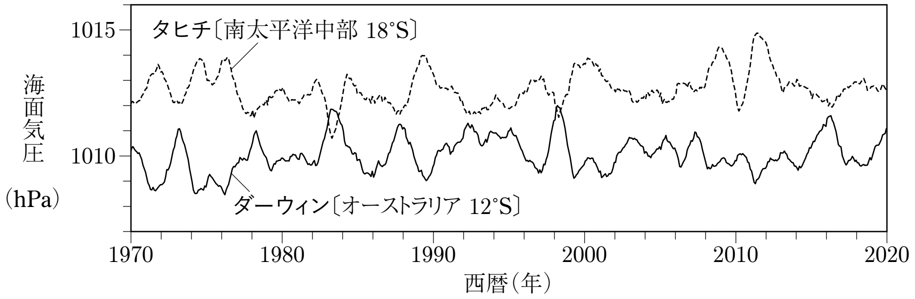
Chapter3　演習問題

次の図は，1970 年から 2020 年までの赤道太平洋東部における海面水温と，南太平洋中部のタヒチおよびオーストラリアのダーウィンにおける海面気圧の変動を示したものです。ここでは，この図を用いてエルニーニョ・南方振動について確認しましょう。ただし，いずれの値も直前 12 か月の平均値を示したものです。

（NCAR によるデータをもとに作成）



（NCAR によるデータをもとに作成）



問題(1)　赤道太平洋における海洋の平均的な状態について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。

図に示されている赤道太平洋東部の海面水温は平均するとおよそ 27℃であり，この水温は赤道太平洋西部よりも（高い / 低い）。

また，表層の海水は，エクマン輸送によって南北半球とも（赤道向き / 極向き）に輸送される。そのため，深層から冷水が湧昇し，赤道太平洋東部の海面水温は（高く / 低く）なっている。

問題⑵　赤道太平洋における大気の平均的な状態について述べた次の文章中の（　　）について, 正しいものを選びましょう。

平均的な状態で比較すると，南太平洋中部の低緯度にあたるタヒチの気圧は，西部のほぼ同じ緯度にあたるダーウィンの気圧よりもやや（高い / 低い)。この傾向は赤道太平洋でも同様であることが知られている。このような気圧の分布は，赤道太平洋（西部 / 東部）の海面水温が高く，積乱雲の発生などの対流活動が活発であることと対応している。

問題⑶　エルニーニョ・南方振動について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。

図によると，タヒチの海面気圧が平均的な状態より高い時期にはダーウィンの海面気圧が平均的な状態より（高い / 低い)。また，タヒチの海面気圧が平均的な状態より低い時期にはダーウィンの海面気圧が平均的な状態より（高い / 低い)。さらに, 赤道太平洋東部の海面水温に着目すると, 2地点の気圧差が大きな時期には（エルニーニョ / ラニーニャ）的, 気圧差が小さな時期には（エルニーニョ / ラニーニャ）的となる傾向がある。

これらのことは，東西方向の気圧傾度が大きいほど貿易風が（強く / 弱く)，赤道太平洋西部の海面水温を（高く / 低く)，また東西方向の気圧傾度を大きい状態に保ちやすいということから説明できる。つまり，エルニーニョ・南方振動は，大気と海洋が密接に相互作用することで現れる現象だといえる。

第16講　PART1　確認問題

問1　次の文章を読み，下の問いに答えよ。

赤道域の大気・海洋にはさまざまな周期的変動が存在する。赤道太平洋で発生するのが a エルニーニョ現象・ラニーニャ現象であり，南太平洋の大気で発生するのが（　ア　）である。これらは一連の現象として捉えられており，（　イ　）とよばれる。また，赤道域の成層圏では（　ウ　）が，22 ～ 34 か月で入れ替わる準 2 年周期変動が発生している。

これらの現象は，b 離れた地域の気象に影響を与えている。

(1)　下線部 a について，この現象の説明として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　赤道太平洋東部の海水温が平常時より低くなる。
②　赤道太平洋東部の海水温が平常時より高くなる。
③　赤道太平洋西部の海水温が平常時より低くなる。
④　赤道太平洋西部の海水温が平常時より高くなる。

(2)　空欄アに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　東方振動　　②　西方振動
③　南方振動　　④　北方振動

(3)　空欄イに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ENSO　　②　SDGs　　③　VLBI　　④　GPS

(4)　空欄ウに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　北風と南風　　②　西風と東風
③　高圧と低圧　　④　高温と低温

(5) 下線部ｂについて，離れた地域の気象が相関をもつことを表す語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① アイソスタシー　　② プレートテクトニクス
③ エクマン輸送　　④ テレコネクション

問２ 次の文章を読み，下の問いに答えよ。

中高緯度における大気の変動は互いに関連しあっており，日本の天候に大きな影響を与えている。

成層圏においては，冬の極域で発生する強い西風である（　エ　）や，対流圏の波動の影響で（　エ　）が弱まったときに起こる（　オ　）がある。

また，対流圏においては，ｃ北半球の高緯度側と中緯度側の気圧が連動しながら変動する北極振動があり，偏西風の蛇行に影響している。

(1) 空欄エ，オに入る語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① エ：偏西風　　オ：成層圏突然昇温
② エ：偏西風　　オ：オゾンホール
③ エ：極渦　　オ：成層圏突然昇温
④ エ：極渦　　オ：オゾンホール

(2) 下線部ｃについて，高緯度側と中緯度側の気圧の高低と偏西風の蛇行の強さの組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 高緯度側：高め　中緯度側：低め　偏西風の蛇行：強い
② 高緯度側：低め　中緯度側：高め　偏西風の蛇行：強い
③ 高緯度側：高め　中緯度側：高め　偏西風の蛇行：弱い
④ 高緯度側：低め　中緯度側：低め　偏西風の蛇行：弱い

第 16 講　大気・海洋の変動

PART1　対流圏と成層圏の変動

問題(1)　低い，極向き，低く

問題(2)　高い，西部

問題(3)　低い，高い，ラニーニャ，エルニーニョ，強く，高く

PART2　大気による物質輸送

問題(1)　春，秋，春

問題(2)　大きい，低緯度，低緯度から高緯度

問題(3)　南極，南半球，塩素，春，低温

PART3　都市とその周辺の大気

問題(1)　2 ～ 3 倍，ヒートアイランド現象

問題(2)　安定，不安定，条件付き不安定，絶対安定，起こりにくい，逆転層の下部に留まりやすい

問題(3)　二酸化炭素，一酸化窒素や二酸化窒素，二酸化硫黄，季節風

PART4　物質循環

問題(1)　ア：7×10^{14}　イ：7×10^{13}　ウ：10

問題(2)　5 年，400 年

問題(3)　エ：60 万

問題(4)　長い，短い，終わって長い時間が経過してから

第16講　PART1　確認問題　解答

問1

（1）②

解説：

エルニーニョ現象は赤道太平洋東部において，貿易風や湧昇流が弱まって海水温が高くなる現象である。

（2）③

解説：

南太平洋の東部と西部で海面気圧が，一方が高ければもう一方が低いという状況が交互にくり返す現象を南方振動という。

（3）①

解説：

日本語ではエルニーニョ・南方振動といい，英語の El Niño-Southern Oscillation の頭文字から ENSO ともよばれる。

（4）②

解説：

対流圏で生まれたさまざまなスケールの大気の波動が伝わって形成されるもので，東風と西風が交互に現れる現象である。

⑸　④

解説：
テレ（tele）は「遠くの」を表す接頭語であり，離れた場所の現象が連動するという意味で，テレコネクションとよばれる。

問2

⑴　③

解説：
冬の成層圏の極域で発生する西風は，極のまわりを周回するため極渦という。極渦が対流圏の波動の影響で弱まることにより成層圏の気温が急上昇することがあり，これを成層圏突然昇温という。

⑵　①

解説：
高緯度側の気圧が高めで，中緯度側の気圧が低めのとき，偏西風が弱くなり，蛇行の振幅が大きくなる。